

# Porovnání environmentálních dopadů různých typů jogurtových kelímků

## Comparison of environmental impacts of different types of yoghurt cups

Nikola Králová | Markéta Šerešová | Vladimír Kočí<sup>1</sup>

### INFORMACE O ČLÁNKU

DOI 10.35933/ENTECHO.2020.01

#### HISTORIE

Datum doručení: 22. 5. 2020

Datum revize: 23. 6. 2020

Datum akceptace: 26. 6. 2020

#### AFILACE

VŠCHT Praha

Ústav chemie ochrany prostředí

Technická 5, CZ-166 28 Praha 6

<sup>1</sup> Corresponding author:

vlad.koci@vscht.cz

#### KLÍČOVÁ SLOVA

posuzování životního cyklu;  
environmentální hodnocení;  
obalové materiály; skladování;  
produkce odpadů

#### KEYWORDS

Life Cycle Assessment;  
Environmental Assessment;  
Packaging; Storage;  
Waste management

### ABSTRAKT

Cílem práce bylo posoudit environmentální dopady různých typů zvolených jogurtových kelímků vyrobených z různých materiálů: z plastu, papíru, skla či z kompozitního materiálu. Environmentální dopady byly vyhodnoceny metodou posuzování životního cyklu (z angl. life cycle assessment, LCA).

Výsledky práce ukazují, že skleněné a kompozitní obaly jsou horší než obaly plastové, s výjimkou kategorie dopadu *Spotřeba fosilních surovin a humánní toxicita*. Jako nejlepší vychází plastový obal s K3 dekorací (papír), který ve všech hodnocených kategoriích dopadu vykazuje nejlepší výsledky. V kategorii dopadu *Klimatické změny* se nejhůř umístil kompozitní obal a obal skleněný. Nejvíce ovlivněnou kategorií je *Sladkovodní ekotoxicita*, nejvyšší dopady v rámci této kategorie vykazuje obal skleněný a následně kompozitní. V rámci kategorie dopadu *Ionizující záření* má největší dopad skleněný obal následovaný obalem kompozitním. Na základě výsledků výzkumu bylo zjištěno, že hlavní příčinou dopadů plastových kelímků na životní prostředí je výroba PP granulátu, u skleněných obalů je to výroba samotného skla a v případě kompozitních obalů výroba kompozitního obalu.

### ABSTRACT

The aim of the work was to assess the environmental impacts of different types of selected yoghurt cups made of different materials: plastic, paper, glass or composite material. Environmental impacts were assessed using the life cycle assessment (LCA) method.

The results of the work show that glass and composite packaging is worse than plastic packaging except for the impact category *Resource use* (mineral and metals) and *Human toxicity*. The best packaging appears to be plastic packaging with K3 decoration (paper), which has the smallest impacts in all evaluated impact categories. In the impact category *Climate change*, composite packaging and glass packaging have the greatest impact. The most affected category is *Freshwater ecotoxicity*. The highest impacts within this category are shown by glass packaging and subsequently composite packaging. In the impact category *Ionizing radiation*, the greatest impact has a glass packaging, then a composite packaging. Based on the results, it was determined that the main cause of the impacts of plastic cups is the production of PP granulate. In the case of glass packaging, it is the production of the glass itself, and in the case of composite packaging, the production of the composite packaging.

## 1 Úvod

V současné době se stále častěji setkáváme s plastovými potravinovými obaly, které jsou na celém světě velmi oblíbené. Jelikož je většina těchto obalů určena k jednorázovému použití, podílejí se značnou měrou na složení komunálních odpadů. Se snahou snížit množství obalů v odpadech vzniká potřeba jejich následného třídění, recyklace a hledání nových, environmentálně šetrnějších alternativ. Důvodem pro používání plastových obalů je jejich hygienická nezávadnost a snadná manipulace. Nevýhodou je pomalá degradace v životním prostředí a akumulace ve vodním ekosystému a v půdách. V České republice bylo za rok 2017 vyrobeno celkem 1,1 milionu tun plastů, přičemž roční spotřeba činila 100 kg na osobu. Toto množství se každým rokem zvyšuje, čímž dochází i k navýšení plastového odpadu.

Cílem této práce je proto porovnat environmentální dopady spojené s životním cyklem plastových obalů s jinými alternativami, jako jsou např. skleněný nebo kompozitní obal.

## 2 Hodnocené obalové materiály

Pro potřeby této studie byly zvoleny potravinové obaly jogurtů, a to plastové, které se liší jak výrobou, tak složením a dekorační technologií, dále pak skleněný obal a obal kompozitní. Mezi první, plastový typ obalu patří polypropylenový kelímek s potiskovou dekorací. Tento typ kelímku se vyrábí z granulátu Homopolymer, do něhož se přidává aditivum skládající se převážně z oxidu titaničitého. Pomocí extruze se vyrobí polypropylenová fólie tloušťky 1,6 mm, a ta v dalším kroku tvarováním dostává tvar kelímku. Kelímek je následně opatřen barevným potiskem. Jeho hmotnost je 5,05 g a objem 150 ml.

Dalším typem je tzv. sleeve dekorace, tedy PP kelímek potažený fólií z PVC. Kelímek tohoto typu se skládá buď ze dvou typů granulátu – Homopolymery a Copolymeru, a nebo z jednoho granulátu, a to Homopolymery. Jako aditivum se používá oxid titaničitý. Granulát vstupuje do extruze, ze které se zhotoví PP fólie tloušťky 1,8 mm. Následným tvarováním vznikne požadovaný tvar a na ten se pomocí páry aplikuje PVC fólie. Hmotnost plastového kelímku je 5,81 g a objem 150 ml.

Třetím hodnoceným typem plastového kelímku je tzv. K3 dekorace. Jedná se o kombinaci plastu a papírového kartonu. Jako granulát se používá 100% polypropylen bez aditiv nebo PP s oxidem titaničitým. Také se používá Homopolymer a Copolymer s přidávkou aditiva, které zabarví kelímek na černou barvu. Pomocí extruze se vyrobí transparentní PP fólie o tloušťce 1,6 mm. Fólie se vytvaruje na požadovaný tvar a dekorováním K3H se aplikuje na kelímek papírový segment. Ten bývá převážně z recyklovaného papíru (80%). Dno kelímku je z 92% z papíru a z 8% z LDPE. Aplikovat se může také výhradně papírový segment. Na připevnění segmentu a dna se používají tavná lepidla Eukalin a Hotmelt. Hmotnost K3 kelímku je 8,66 g a objem 150 ml.

Pro balení jogurtů se rovněž používá i sklo, které je osvědčeným obalovým materiálem. Jeho výhodami jsou: chemická odolnost, opakovaná použitelnost, dobrá omyvatelnost, dostupnost surovin, odolnost vůči změnám teploty, recyklovatelnost, tvrdost a pevnost v tlaku a dokonalé bariérové vlastnosti. Pro potřeby studie byly použity konkrétní hodnoty skleněného kelímku. Hmotnost skleněného kelímku spolu s ocelovým víčkem je 131,82 g a jeho objem 114 ml.

Další možností pro balení jogurtů jsou kompozitní obaly. Ty jsou tvořeny několika vrstvami, jejichž skladba umožňuje uchovat nápoje a potraviny dlouhodobě, a to i bez přidávání konzervantů. Skládají se ze 75% z lepenky, z 20% z polyetylenu a z 5% z hliníku. Hmotnost celého kompozitního obalu je 10,8 g, hmotnost plastového uzávěru 3,3 g a objem 250 ml (Smejtková, 2018).

### 3 Charakteristiky studie LCA

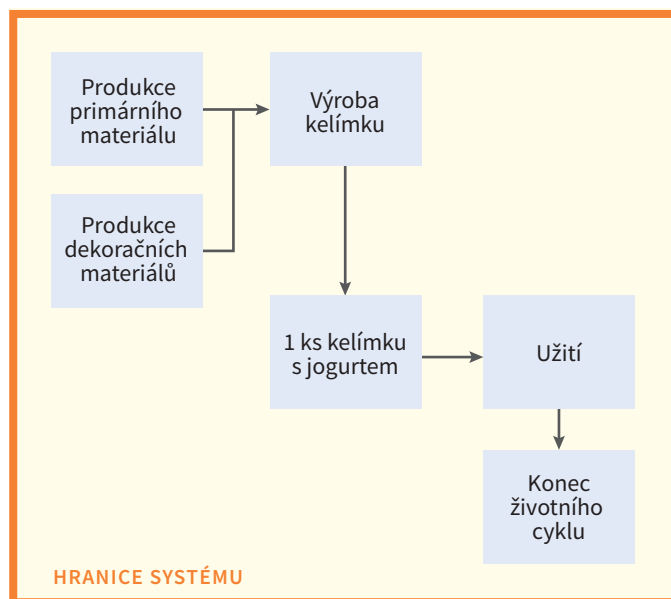
Metoda Life cycle assesment (LCA) je analytická metoda pro posuzování environmentálních dopadů výrobků, služeb a technologií. LCA hodnotí environmentální dopady výrobků s ohledem na jejich celý životní cyklus – od těžby surovin až po zpracování odpadu. Posuzuje změny systému z hlediska výměny energie a materiálů. Studie LCA se provádějí dle mezinárodních standardů ČSN EN ISO 14040 a ČSN EN ISO 14044. Pro modelování životního cyklu byl použit software GaBi od společnosti Thinkstep. Jako databázový nástroj pro získání generických dat byla použita databáze GaBi. Posuzování environmentálních dopadů bylo provedeno s použitím metodiky Environmental Footprint 3.0, která kvantifikuje dopady produktů na životní prostředí. Hlavním cílem této metodiky je zohlednění environmentálních dopadů zboží a služeb v dodavatelském řetězci (od těžby surovin, přes výrobu a použití až po konečné nakládání s odpady).

#### 3.1 Funkční jednotka a hranice systému

Funkce zkoumaná v této studii je balení jogurtu. Funkční jednotkou pro tuto studii je zajištění objemu 1 l jogurtu. Hranice systému zahrnují produkci primárního materiálu, produkci dekoračních materiálů, dopravu těchto materiálů a konec jejich životního cyklu (Obr. 1). Ten zahrnuje recyklaci, energetické využití a skládkování.

#### 3.2 Sběr dat a přijaté předpoklady

Data týkající se plastových jogurtových kelímků byla získána od společnosti Greiner packaging s. r. o., která kelímky v České republice vyrábí. Další potřebná data o skleněných a kompozitních obalech byla dohledána v odborné literatuře, nebo byly použity generické procesy databáze GaBi. Data týkající se konce životního cyklu byla získána z databází, nebo byla nalezena na webových stránkách výrobců. Vy-



Obr. 1: Schéma uvažovaných hranic systému vybraných plastových kelímků při srovnávání s alternativními obaly

robní procesy, které nebyly definovány v databázi, bylo nutno vytvořit. Vstupní data byla přepočtena na 1 l jogurtu.

Pro tuto studii byly přijaty následující předpoklady:

1. Pro modelování byl použit český energetický mix.
2. Hlavní složkou aditiva granulátu použitého pro výrobu obalu je oxid titaničitý, což odpovídá technickému listu.
3. Složení barev pro potisk obalu bylo určeno z technického listu (Tabulka 1).
4. Doprava v rámci fáze konce životního cyklu byla určena na 150 km.
5. Určení procentuálního podílu nakládání s komunálním odpadem u konečného životního cyklu kelímků bylo založeno na datech z českého statistického úřadu (ČSÚ, 2018). Zdroj sloužil jako podklad pro modelování způsobu nakládání s odpadními obaly.
6. Uvažována byla 100% recyklace skla (Dyer, 2014).

Tabulka 1: Vstupní data – složení potiskových barev

látka	obsah [%]
polyester akrylát	22,5
uretan akrylát	20,0
pigmenty	22,5
TiO <sub>2</sub>	22,5

#### 3.3 Výsledky

V následujících tabulkách jsou uvedeny výsledky potenciálních environmentálních dopadů plastových obalů při srovnávání alternativních obalů s funkční jednotkou 1 l jogurtu (Tabulka 2).

#### 3.4 Zhodnocení výsledků

Porovnání environmentálních dopadů jednotlivých typů kelímků je znázorněno na Obr. 2. Srovnání je provedeno pomocí pěti vybraných kategorií environmentálních dopadů, které v rámci studie (po normalizaci a vážení) představovaly nejvyšší příspěvek k celkovým environmentálním dopadům.

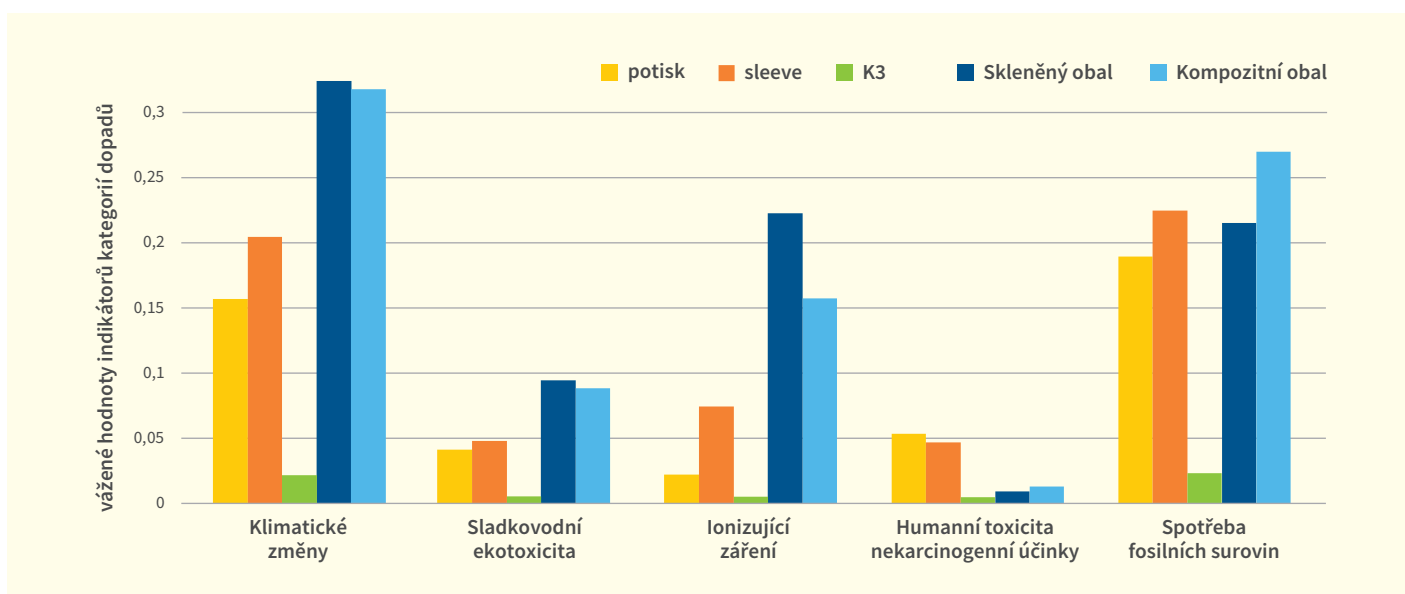
Tabulka 2: Environmentální dopady vybraných plastových kelímků a alternativních obalů s funkční jednotkou 1 l jogurtu. Charakterizační metodika EF 3.0.

Kategorie dopadu		plastové obaly			obal	
		potisk	sleeve	K3	skleněný	kompozitní
Acidifikace terestrická a sladkovodní	[10 <sup>-4</sup> Mole H <sup>+</sup> eq.]	1,56	1,81	1,29	7,20	4,01
Humánní toxicita, karcinogenní účinky	[10 <sup>-10</sup> CTUh]	1,07	1,15	1,15	0,68	0,75
Klimatické změny	[10 <sup>-2</sup> kg CO <sub>2</sub> eq.]	6,05	7,81	8,25	12,20	12,10
Ekotoxická, sladkovodní	[CTUe]	0,95	1,06	0,95	2,07	1,97
Eutrofizace, sladkovodní	[10 <sup>-6</sup> kg P eq.]	1,04	1,17	0,95	0,088	16,00
Eutrofizace, terestrická	[10 <sup>-4</sup> Mole N eq.]	4,59	5,42	3,83	22,4	9,13
Ionizující záření	[10 <sup>-3</sup> kBq U235 eq.]	0,60	2,03	1,15	6,10	4,29
Humánní toxicita, nekarcinogenní účinky	[10 <sup>-9</sup> CTUh]	6,32	5,89	6,21	0,93	1,33
Úbytek stratosférického ozonu	[10 <sup>-10</sup> kg CFC <sup>-11</sup> eq.]	-0,91	-1,12	-4,11	0,70	2390
Vznik fotochemického ozonu	[10 <sup>-4</sup> kg NMVOC eq.]	1,32	1,65	1,30	4,20	3,38
Spotřeba fosilních surovin	[MJ]	1,47	1,74	1,82	1,67	2,10
Spotřeba vody	[10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> world equiv.]	5,72	1,47	6,54	7,40	27,10

Na základě výsledků hodnocení životního cyklu (viz Obr. 2) vybraných plastových obalů, skleněného a kompozitního obalu lze konstatovat, že skleněný a kompozitní obal mají nejvyšší dopad v kategorii *Klimatické změny*. Menší dopady na klimatické změny mají plastový obal se sleeveem a plastový obal s potiskem. Další kategorií, v níž mají plastové obaly lepší dopady, je *Ionizující záření*. Skleněný a kompozitní obal vykazují dopady nejvyšší. V kategorii *Spotřeba fosilních surovin* má rovněž největší dopad obal kompozitní, za ním následuje obal plastový se sleeve dekorací. Jako obal s nejnižšími dopady se jeví plastový obal s K3 dekorací. Nejvíce ovlivněnou kategorií je *Sladkovodní ekotoxická*. Nejvyšší dopady v rámci této kategorie vykazuje skleněný obal a následně obal kompozitní. V rámci kategorie dopadu *Ionizující záření* má největší dopad skleněný obal a pak obal kompozitní. U jednotlivých plastových obalů měla největší vliv na kategorie dopadu výroba kelímku, a to konkrétně výroba polypropylenového granulátu. V případě skleněných kelímků má značný dopad výroba skla a u kompozitního obalu je to výroba samotného obalu. Při vzájemném porovnávání těchto obalů nebylo možné určit, který obal má největší dopady ve všech katego-

riích, jelikož se výsledky v rámci kategorií dopadu liší. Avšak můžeme konstatovat, že v kategorii dopadu *Klimatické změny* mají největší dopady obaly skleněný a kompozitní.

Výsledky této studie nelze plně srovnávat se studiemi jiných autorů (Dhaliwal et al., 2014; Markwardt et al., 2017; Stichling a Singh, 2012; Xie et al., 2013), a to především kvůli rozdílům ve zvolených hranicích systému, zvolených typech obalů a materiálů, nastavení odpadového hospodářství, metodologii, funkční jednotce atd. Většina zveřejněných studií se zpravidla zaměřuje na posouzení PET obalů, bioplastů, hliníkových či PS obalů. Mezi studiemi však lze pozorovat určitý trend ve výsledcích. Například Dhaliwal et al. (2014) srovnávají ve své studii plastové (polypropylenové) a skleněné obaly. V této studii mají plastové obaly v kategorii *Klimatické změny* a *Ionizující záření* významné úspory oproti obalům skleněným. Největším přispěvatelem těchto dopadů je výroba samotných obalů a jejich jednotlivých částí. Rozdíly mezi studiemi jsou např. ve volbě jiné funkční jednotky, odlišných objemů a hmotností jednotlivých obalů, jejich složení a v modelu konce životního cyklu.



Obr. 2: Porovnání plastových obalů, skleněného obalu a kompozitního obalu podle kategorií dopadů pro funkční jednotku 1 l jogurtu po vážení

Ve studii Stichling a Singh (2012), která porovnává skleněné a plastové obaly, vykazují plastové obaly v kategorii *Klimatické změny* nižší dopady než obaly skleněné (Stichling a Singh, 2012), ale v kategorii *Humánní toxicita* jsou méně šetrnými obaly plastové. Studie se odlišují ve funkční jednotce (velikost obalového skla), v modelování konce životního cyklu (charakteristický pro Indii) a také ve velikosti obalů a jejich složení (převážně PET).

Markwardt et al. (2017) ve své práci porovnávají environmentální dopady kompozitních materiálů s plastovými obaly. Výsledky ukazují, že v rámci kategorie *Klimatických změn* mají kompozitní obaly nižší dopady než obaly plastové. Při srovnání kompozitních, skleněných a plastových obalů v rámci kategorie dopadu *Klimatické změny* vyšly skleněné obaly jako obaly s nejméně významnými dopady. Funkční jednotkou v jejich studii bylo poskytnutí 1000 l obalu pro chlazené nápoje. Významným rozdílem oproti naší studii byl model pro konec životního cyklu pro severní Evropu. Dle výsledků naší studie je hlavní příčinou dopadu u plastových obalů výroba polypropylenového granulátu, u skleněných obalů je to výroba samotného skla a v případě kompozitních obalů výroba kompozitního obalu. Podle studie Markwardt et al. (2017) je hlavní příčinou dopadu u plastových obalů výroba granulátu, v případě skleněného obalu je hlavní příčinou dopadu výroba skleněného obalu. Rozdíl je ve srovnávání kompozitních obalů, které vykazují ve většině kategorií dopadu relativně nízké hodnoty. Podle autorů se na těchto dopadech podílí lepenka, která je hlavní složkou kompozitních obalů. To vede k nízkým dopadům v mnoha kategoriích ve srovnání s plastovými nebo skleněnými obaly.

Ve studii Xie et al. (2013) jsou porovnávány kompozitní obaly s plastovými. Dle studie mají kompozitní obaly větší vliv na životní prostředí než plastové obaly, avšak v rámci kategorie *Spotřeba fosilních surovin* jsou na tom plastové obaly hůř než obaly kompozitní. Hlavním rozdílem je funkční jednotka, která je určena jako celkový odpad definovaný v zeměpisném regionu za daný čas (Čína, 1 rok).

Jak lze pozorovat, pro hodnocení potravinových obalů existují rozdíly mezi různými studiemi. Dopady potravinových obalů na životní prostředí závisí na mnoha faktorech, které souvisí s národními a místními podmínkami, (např. odpadové hospodářství dané země).

U jednotlivých plastových obalů měla největší vliv na kategorie dopadu výroba kelímku, a to konkrétně výroba PP granulátu. V případě skleněného kelímku má značný dopad výroba skla a u kompozitního obalu je to výroba samotného obalu. Při porovnávání těchto obalů mezi sebou nebylo možné určit, který obal má největší dopady ve všech kategoriích, jelikož se výsledky liší v rámci kategorií dopadu, avšak lze říct, že v kategorii dopadu *Klimatické změny* mají největší dopady skleněný a kompozitní obal. Nejvíce ovlivněnou kategorií je *Sladkovodní ekotoxicita*. Nejvyšší dopady v rámci této kategorie vykazuje skleněný obal následovaný obalem kompozitním. V rámci kategorie dopadu *Io-*

*nizující záření* má největší dopad skleněný obal a následně pak obal kompozitní. Kompozitní obal má větší dopady v kategorii dopadu *Spotřeba fosilních surovin*, za ním následuje plastový obal se sleeve.

#### 4 Závěr

Na základě výsledků inventarizace životního cyklu a charakterizace environmentálních dopadů bylo zjištěno, že skleněný a kompozitní obal je horší než obaly plastové. Jako lepší se jeví plastový obal s K3 dekorací, který má ve všech kategoriích dopadu nejnižší hodnoty. Hlavní příčinou dopadu u plastových obalů je výroba polypropylenového granulátu, který tvoří základ plastového kelímku. U skleněných obalů je to výroba samotného skla a u kompozitních obalů výroba kompozitního obalu. Může zato vyšší spotřeba elektrické energie při výrobě. Při srovnávání s alternativními obaly v kategoriích dopadu *Klimatické změny* má největší dopad kompozitní a skleněný obal. Nejvíce ovlivněnou kategorií je *Sladkovodní ekotoxicita*. Nejvyšší dopady v rámci této kategorie vykazuje skleněný obal následně obal kompozitní. V rámci kategorie dopadu *Ionizující záření* má největší dopad skleněný, a hned za ním, kompozitní obal.

#### 5 Literatura

- ČSÚ, 2018. Produkce, využití a odstranění odpadů, 2017. <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2017>
- Dhaliwal, H.; Browne, M.; Flanagan, W.; Laurin, L.; Hamilton, M., 2014. A life cycle assessment of packaging options for contrast media delivery: comparing polymer bottle vs. glass bottle. *Int J Life Cycle Assess* 19(12), 1965–1973. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0795-1>
- Dyer, T. D., 2014. Chapter 14 – Glass Recycling, In: Worrell, E.; Reuter, M. A. (Ed.), *Handbook of Recycling*. Elsevier, Boston. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396459-5.00014-3>
- Markwardt, S.; Wellenreuther, F.; Drescher, A.; Harth, J.; Busch, M., 2017. *Comparative Life Cycle Assessment of Tetra Pak® carton packages and alternative packaging systems for liquid food on the Nordic market (Final Report)*. Institut für Energie- und Umweltforschung, Heidelberg.
- Smejtková, A., 2018. *Balení v potravinářském průmyslu*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Stichling, J.; Singh, R., 2012. LCA of Container Glass and comparison with PET, Beverage Carton, Pouch and Al Can.
- Xie, M.; Qiao, Q.; Sun, Q.; Zhang, L., 2013. Life cycle assessment of composite packaging waste management—a Chinese case study on aseptic packaging. *Int J Life Cycle Assess* 18(3), 626–635. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0516-6>